

# Αιτιότητα και τυχαιότητα στη Φυσική

(Συνοπτική αναφορά στον David Bohm)

του Τάσου Κυπριανίδη\*

Από τη στιγμή που ο άνθρωπος άρχισε να στοχάζεται πάνω στη φύση και τις διεργασίες που τη συγκροτούν, αντιμετώπισε το πιο πάνω σύμπλεγμα θεμάτων από διαφορετικές κάθε φορά οπτικές. Βασικό κίνητρο στην αναζήτησή του ήταν η προσπάθεια να ανακαλύψει, πίσω από το πέπλο των φαινομένων, τα στοιχεία εκείνα που αποκαθιστούν αιτιακές αλληλουχίες στη διαδοχή και διαπλοκή των φαινομένων, διασφαλίζοντας κατ' αυτό τον τρόπο ένα ερμηνευτικό πλαίσιο για όσα ερεθίσματα άτακτα κατέγραφαν οι αισθήσεις του. Δεν έχει ιδιαίτερη σημασία αν η απόπειρα αυτή συνδέθηκε στην αρχαιότητα με μεγάλα εποπτικά συστήματα ιδεών και στη νεότερη εποχή με τον αυστηρά δομημένο και ιεραρχημένο κόσμο των επιστημών. Πυρήνας κάθε προσέγγισης ήταν η παραδοχή ότι η ανθρώπινη διάνοια είναι σε θέση να βάλει κάποια τάξη στα δεδομένα, πράγμα που αναπόφευκτα συνεπαγόταν ότι, είτε για λόγους αντικειμενικών δυσχερειών εί-

τε εξαιτίας αρχαικών περιορισμών, ορισμένα ζητήματα διέφευγαν εκτός του σχήματος της τάξης και διατηρούσαν μια «τυχαία» δομή ή εμφάνιση. Το παιχνίδι λοιπόν της τάξης και αταξίας, με τους ολοένα μετατοπιζόμενους ορίζοντες και τις διαρκώς επαναχαρασόμενες μεταξύ τους διαχωριστικές γραμμές, συνιστούσε ανέκαθεν συνοδευτικό στοιχείο στην πορεία της ανθρώπινης διάνοιας, στην αέναη προσπάθειά της να γνωρίσει τον κόσμο που μας περιβάλλει.

Με τη συγκρότηση του σώματος των φυσικών επιστημών μετά την Επιστημονική Επανάσταση, η περιήγηση στο πεδίο της τάξης και της αταξίας προσέλαβε συγκεκριμένη μορφή, εκείνη της αναζήτησης των φυσικών νόμων αντί των καθολικών και γενικώς δρώντων αιτιών της φιλοσοφίας, ακριβέστερα της παραδεδομένης Αριστοτελικής φιλοσοφίας. Όμως και πάλι, μέσα σε αυτό το περιορισμένο και προσδιορισμένο πεδίο των φυσικών επιστημών, η διατύπωση νόμων (αντί αιτιών)

δεν εξάλειψε την παλαιότερη διάκριση τάξης/αταξίας, αιτιακού/τυχαίου. Απλά τη μετασημάτισε διαχωρίζοντας τα αιτιοκρατικά από τα τυχαϊκά συστήματα, εισάγοντας αντιστοιχώς διαφορετικούς θεωρητικούς και γνωσιολογικούς επικαθορισμούς. Τα πρώτα διακρίνονται από την παρουσία μιας σαφούς διπολικής σχέσης αιτίου-αποτελέσματος, ενώ στα δεύτερα η πολλαπλότητα πολλών αλληλοσυγκρομένων αιτιών καθιστούσε αναγκαία την προσφυγή σε στατιστικές μεθόδους. Η πρώτη φυσική που γνωρίσαμε από τον Νεύτωνα και μετά, σηματοδότηκε από την παντοδυναμία των προβλέψεων σε αιτιοκρατικά συστήματα, ενώ από τον προηγούμενο αιώνα άνηθε η επιστήμη πρόγνωσης του τυχαίου στη φύση, με την εφαρμογή των πιθανοκρατικών θεωριών σε πολύπλοκα φυσικά συστήματα. Αν όμως η παράδοση του προηγούμενου αιώνα ήθελε τη διάκριση των θεωριών να εδράζεται σε υποκειμενικά λίγο-πολύ κριτήρια (γνώση όλων των παραμέτρων ενός προβλήματος στην αιτιοκρατική περίπτωση, άγνοια ή αδυναμία απόδοσης των σύνθετων επικαθορισμών μιας κατάστασης στην άλλη), στην τρίτη δεκαετία του αιώνα μας ανακαλύφθηκε η κβαντική θεωρία, η θεωρία των μικροκοσμικών διεργασιών, στο σώμα της οποίας πραγματοποιείται μια παράδοξη συγχώνευση των δυο προσεγγίσεων: η θεωρία αποδίδει τα φαινόμενα αιτιακά, αλλά μόνο στο επίπεδο των στατιστικών προβλέψεων, και μάλιστα χωρίς αυτή να είναι κάποια εμφανώς στατιστική εκδοχή ενός ευρύτερου θεωρητικού συνόλου, όπως είχε συμβεί παλαιότερα με άλλες φυσικές θεωρίες.

Για το ζήτημα της κβαντικής θεωρίας έχουν γραφεί έργα επί έργων: αναφορικά με τα εννοιολογικά θεμέλιά της, τη λογική δομή που τη διέπει, τις φιλοσοφικές προεκτάσεις που μπορεί να έχει, αλλά και την κοσμοαντίληψη που προκρίνει με αφετηρία την πιθανή οντολογία που απορρέει από τα θεω-



Ο D. Bohm κατά την επίσκεψή του στο Ινστιτούτο Poincaré στο Παρίσι, τον Φεβρουάριο 1988.

(\*) Ο Τ. Κυπριανίδης είναι από τους υπεύθυνους σύνταξης του Πυρφόρου



ρητικά εργαλεία και τα πορίσματά της. Η συζήτηση για την κβαντομηχανική απασχόλησε εντονότατα τους ιδρυτές της, φυσικούς όπως ο Einstein, ο Bohr, ο de Broglie, ο Heisenberg, ο Schroedinger, κ.ά. Η συζήτηση που εντάθηκε περί τα τέλη της δεκαετίας του '20, θεωρήθηκε περατωθείσα μετά την ολοκληρωτική επικράτηση της καθιερωμένης άποψης, που θεωρεί ότι το πιθανοκρατικό στοιχείο της θεωρίας είναι τελεσιδικό και μη αναγώγιμο, αποτελώντας κατά κάποιον τρόπο εξωτερίκευση μιας αντίστοιχης οντολογίας της φύσης. Τα πράγματα έμειναν έτσι μέχρι τις αρχές της δεκαετίας του '50, οπότε ο Αμερικανός φυσικός David Bohm δημοσίευσε άρθρο στο οποίο επαναδιατύπωνε με αιτιακό τρόπο την κβαντική θεωρία, διατηρώντας τις προβλέψεις της και ερμηνεύοντας με διαφορετικό τρόπο τα πιθανοκρατικά επιφανόμενα της θεωρίας, ως αποτέλεσμα μιας βαθύτερης, υποατομικής, μη ελέγχιμης δυναμικής. Από το σημείο αυτό έως τις μέρες μας, η συζήτηση για το χαρακτήρα της θεωρίας έχει αναζωπυρωθεί, χάρη και στη σημαντικότερη συμβολή του J.S. Bell που διατύπωσε, κατά τρόπο πειραματικά ελέγξιμο, τη διαφορά της κβαντικής θεωρίας από μια συνήθη στατιστική θεωρία.

Στο πλαίσιο του παρόντος σημειώματος δεν έχουμε την πρόθεση, αλλά ούτε και τη δυνατότητα να αναφερθούμε διεξοδικά στα προβλήματα που συγκροτούν το πεδίο έρευνας της σύγχρονης επιστήμης, αναφορικά με το χαρακτήρα και το εννοιολογικό περιεχόμενο της κβαντομηχανικής. Θα επισημάνουμε μόνο σε αδρές γραμμές την προβληματική που διατύπωσε ο David Bohm στο έργο του που εκδόθηκε το 1958, και από το οποίο δανειστήκαμε τον τίτλο του άρθρου μας. Βαθύς γνώστης της φιλοσοφίας, αλλά και χαρακτηριστικό δείγμα φυσικού που η ενασχόλησή του με τομείς αιχμής της σύγχρονης επιστήμης δεν αποτέλεσε πρόσχημα για να εγκλιστεί σε στενά τεχνοκρατικά πλαίσια, ο Bohm διατυπώνει στο βιβλίο του αυτό μια εκτίμηση για την πορεία της επιστήμης από τα πρώτα βήματά της έως τις μέρες μας. Στόχος του είναι να καταλήξει στη φιλοσοφική οπτική που τον καθοδήγησε στη διατύπωση της εναλλακτικής προσέγγισης του στο πεδίο της μικροφυσικής. Εκεί θα βρούμε μια ολοκληρωμένη πραγματεία για την επιστήμη της μηχανικής και τις επιπτώσεις που είχε άθελά της, δηλαδή τη δημιουργία ενός απλουστευτικού φιλοσοφικού ρεύματος, το οποίο γενίκευσε άκριτα τα συ-



Ο D. Bohm μαζί με τον J.S. Bell στην ημερίδα προς τιμήν του J.P. Vigiér (Παρίσι, 1988).

γκερκόμενα πορίσματά της. Αυτή η διαδικασία έδωσε λαβή για την εξάπλωση μιας στρεβλωτικής μηχανιστικής αντίληψης, όπου υποτίθεται ότι τα πάντα ήταν προβλέψιμα, αρκεί να διέθετε κανείς τον απαραίτητο όγκο πληροφοριών και τις αντίστοιχες τεχνικές δυνατότητες επεξεργασίας τους. Στη συνέχεια, η προβληματική του Bohm εστιάζεται στην υπονόμηση της αιτιοκρατίας από τις στατιστικές πιθανοκρατικές θεωρίες, με σαφή απόληξη της αναζήτησής του την κβαντοθεωρία, όπου και αναπτύσσει λεπτομερώς τα πορίσματα των ερευνών του και τις επιπτώσεις τους στη διαμόρφωση της σύγχρονης επιστημονικής σκέψης. Εδώ βρίσκονται διατυπωμένες οι βασικές θέσεις του, σύμφωνα με τις οποίες κάθε επίπεδο οργάνωσης της ύλης καθορίζεται από παραμέτρους που λειτουργούν σε ένα βαθύτερο υπόστρωμά του, όπως το ίδιο συμβαίνει και με τις αντίστοιχες παραμέτρους αυτού του επιπέδου που επικαθορίζουν τα φαινόμενα σε ένα ανώτερο επίπεδο. Έτσι, κάτι που σε ένα ορισμένο επίπεδο της θεωρίας, η οποία αντιστοιχείται με ένα επίπεδο οργάνωσης της ύλης, φαντάζει τυχαίο, γίνεται αιτιοκρατικό αν βυθίσει κανείς τη ματιά του (και τα αντίστοιχα θεωρητικά εργαλεία, εννοείται) στο κατώτερο επίπεδο που δίνει το κλειδί για την ένταξη των τυχαίων φαινομένων σε κάποιο νέο αιτιακό πλαίσιο. Αυτή η ιεραρχία επιπέδων είναι ατελείωτη, εφόσον δεχθεί κανείς ότι η γνωστική διαδικασία δεν είναι παρά μία προσεγγιστική, ατελής, αλλά διαρκώς ορθοθετούμενη απόπειρα αντανάκλασης του πραγματικού αντικειμένου στο γνωστικό. Μια τέτοια ατελής αντανάκλαση είναι και η δική του επαναδιατύπωση της κβαντικής

θεωρίας, που ο Bohm πάντοτε θεωρούσε προσωρινή, προσεγγιστική και επιδεκτική τροποποιήσεων και μετασχηματισμών. Εκείνο που έκρινε θετικό και εποικοδομητικό στην «αιτιακή ερμηνεία της κβαντοθεωρίας», όπως την αποκαλούσε, ήταν το γεγονός ότι αποτελούσε έμπρακτη απόδειξη πως υπήρχε αιτιακός τρόπος να κατανοηθούν τα φαινόμενα εκείνα, που η δεσπόζουσα εκδοχή ήθελε απροσπέλαστα για τη νόηση και βιατά μόνο για το μαθηματικό φορμαλισμό.

Οι απόψεις αυτές είναι πάντα χρήσιμες τόσο για τη σύγχρονη επιστημονική έρευνα, όσο και για την πανεπιστημιακή διδασκαλία που συχνά υποκύπτει στην ευκολία του φορμαλισμού, ενίοτε και για λόγους άμεσης αποδοτικότητας της διδασκίας ύλης. Τοῦτο θα αποτελούσε λόγο ικανό και επαρκή για τη σύντομη αναφορά μας στον David Bohm και τη συμβολή του στη μελέτη του τυχαίου και αιτιακού/αιτιοκρατικού στη σύγχρονη φυσική. Δυστυχώς, η αφορμή για αυτό το σύντομο σημείωμα είναι άλλη, και μάλιστα δυσάρεστη: πριν από μερικές βδομάδες ο David Bohm έφυγε από τη ζωή, ενώ μέχρι την τελευταία στιγμή ήταν ενεργός και δραστήριος στην έρευνα και τη συγγραφή βιβλίων, που ανέκαθεν ήταν μια από τις αδυναμίες του. Το σιγνικό του θανάτου του ταιριάζει απόλυτα με το θέμα μας: έπαθε καρδιακή προσβολή, όχι ιδιαίτερα βαρείας μορφής, αλλά έτυχε τη στιγμή εκείνη το σύστημα υπολογιστών που κατανέμει τα ασθενοφόρα στο Λονδίνο να έχει πάθει εμπλοκή, και η καθυστέρηση απέβη μοιραία.

Παιγνίδια της τύχης πάνω σε αιτιακό καμβά...